ものづくり教育を意識した工学実験の導入と評価

(長岡工業高等専門学校)　○佐藤拓史，外山茂浩，小川伸夫，
梅田幹雄，高橋章，碓氷誠，小柳久也

1　はじめに

2008 年 3 月に公示された中学校学習指導要領の改訂において，技術分野の目標の冒頭部分が「ものづくりなどの実践的・体験的な学習を通して,」という文言に改定され [1]，中学校においても「ものづくり」が重要な位置づけに変わってきていることが伺える．一概に「ものづくり」といっても既製のキットを組み上げるようなものから，自分で一から設計し，製作までこなすようなものまで幅広い．

高等専門学校や大学などの工学教育においては，早くから「ものづくり」の実体験の重要性を誰もが認めており，多くの高等専門学校・大学等でものづくり教育を意識したカリキュラムが構成され実施されている [2)~4)]．著者らが所属する長岡工業高等専門学校の電子制御工学科 (以下，本学科) では，平成 15 年度より工学実験の位置づけを 5 年次の卒業研究のための準備期間と考え，①自分の力で設計する能力を養うこと (理解力・創造力)，②自分の力で組み立てる能力を身につけること (ものづくりノウハウ)，③自分の力で問題解決する能力を養うこと (洞察力・考察力) を意識して改善を行った．その改善の中で，4 年次に「手で作ること」を意識した「電子回路設計・製作」を工学実験に導入した [5)]．

この実験テーマは学生には非常に好評であり，当初の目的は一定の効果を上げている．しかし，近年は学生が考えだすアイディアの範囲が狭まり，基本回路をわずかな仕様変更のみで確実に完成できそうな回路しか考えない学生が増えてきていた．そこで，学生に創造的な活動の楽しさを感じてもらい，興味を引き出す工夫として，平成 21 年度にレゴ・マインドストームを用いた「メカトロニクスの基礎」を新たに導入した．

本稿では，ものづくり教育を意識して導入した工学実験テーマの「電子回路設計・製作」と「メカトロニクスの基礎」の導入経緯と実施内容について報告し，それぞれの実験終了後に行ったアンケート結果より，導入の効果を考察する．

2　電子回路設計・製作の概要

2.1　実施方法の検討

本学科では，3 年次と 4 年次の工学実験を 5 年次の卒業研究のための準備期間であると考え，工学実験の実施方法を以下の点を意識して改善することにした．

1. 自分の力で設計する能力 (理解力・創造力)
2. 自分の力で組み立てる能力 (ものづくりノウハウ)
3. 自分の力で問題解決する能力 (洞察力・考察力)

上記項目は「ものづくり」を意識させることで達成できると考え，3 年次と 4 年次の実験テーマの実施方法を上記項目を意識して改善した．ただし，それぞれの実験テーマで重視できる項目は実施期間の関係上，上記項目の一部分に特化したものとなってしまう．そこで，総合的な実験テーマが必要であると考え,「電子回路設計・製作」を導入することにした．

「ものづくり」を意識した実習を考えた場合，多人数グループで 1 つの作品を製作する方法と，個人で 1 つの作品を製作する方法とが考えられる．グループで行う場合には，大規模なシステムの製作を行わせることができ，メンバーとの協力や分業の大切さを養うことができると考えられる [2),3)]．その反面，特定のメンバーだけが製作を行い，全く協力しないメンバーも出てしまうという問題も懸念される．工学実験のようにカリキュラムとして実施する場合には，最終的に個人個人の評価 (成績) をつけなければならないので,「電子回路設計・製作」では，最終的な評価方法を考慮し，後者の方法を選択した．

実習内容を単なる組み立て作業とするのではなく，創造力や考察力を養うという観点を考慮し，基礎学力・応用力を持ち合わせた本学科 4 年生をその対象にした．また，この実習に注力しすぎて他の科目に支障が出ないように，実習期間を 6 月中

旬から 10 月初旬まで (うち 8 月中旬から 9 月末までは夏季休業期間) の実験実習科目 7 週分 (28 時間) を割り当てた．実習期間に夏季休業を挟む形としたのは，作業に個人差が生じることも考えられるため，作業の遅れている学生にこの夏季休業期間を利用させるためである．

2.2 教材の選定

著者らの所属する電子制御工学科という分野からすれば，種々のセンサ等から入力された信号を加工し，演算処理した後，アクチュエータ等に出力させる一連の回路設計を行う実習が理想である．しかし，これでは内容が多すぎて上記期間での完成は難しい．そこで電子回路製作に的を絞ることにした．

近年の学生はアナログ回路よりもディジタル回路に興味を持つ場合が多いこと，また，光や音の動作に興味を示す場合が多いこと等から，基本回路として 図 1 に示すディジタル電子サイコロを提示した [6),7)]．学生には，この回路を自分なりに改造し，「電子回路工作キット」の製品開発を念頭においた作品を設計・製作させることにした．また，予算の関係で，使用可能な電子部品は極力限定することにした．この実習で重要なポイントは，マイコンを使用せず，汎用のロジック IC で論理設計させることである．このように使用できる部品や基板の大きさの制約下で独自のアイディアを盛り込むことで「ものづくり」の本質が学べると考えた．

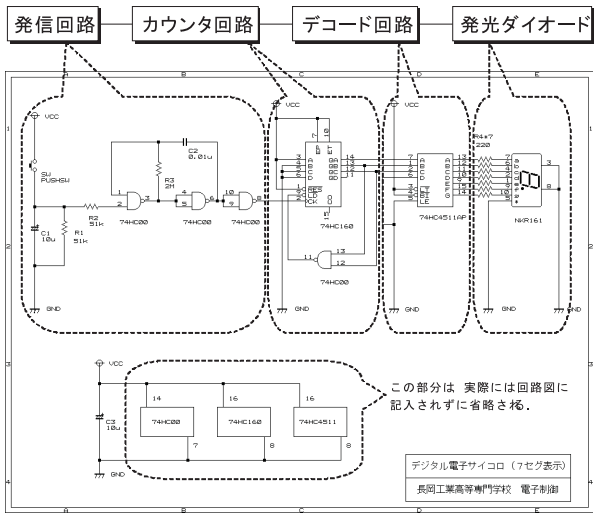
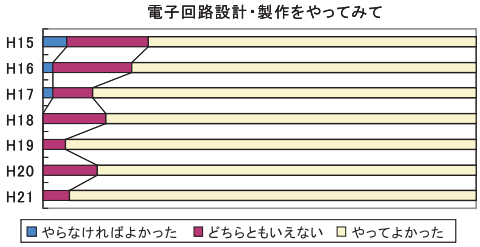


図 1　基本回路

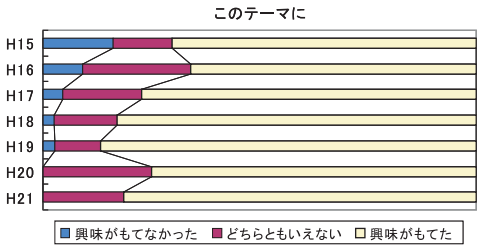
学生はアイディアが固まった時点で，変更した回路図を持参し，担当教員とディスカッションを行うこととする．回路の動作説明や選定した素子の値などの根拠を説明することによって，単に基本回路の改造をするだけではなく，工学的観点も重要であることを理解してもらうためである．実習の最後に作品の取扱説明書を作成させ，内容を使用者側，製作者側，工学的観点で第三者に分かりやすくまとめることを意識させた．

2.3 アンケート結果の推移

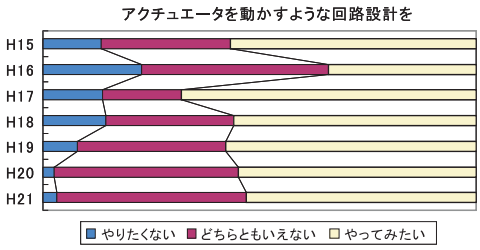
アンケート項目は実習期間や実習時期，内容や機材の状況などの 11 項目について実施している [5)]．このうち，電子回路設計・製作をやってみてよかったかどうか (質問 1)，このテーマに興味がもてたかどうか (質問 2)，アクチュエータを動かすような回路設計をやってみたいかどうか (質問 3)，マイクロコンピュータを使った回路設計・製作をやってみたいかどうか (質問 4) のアンケート結果の推移を図 2 に示す．



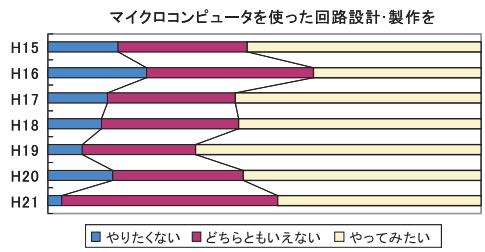
(a) 質問 1



(b) 質問 2



(c) 質問 3



(d) 質問 4

図 2　アンケート結果

質問 1, 2 とも年々「やってよかった」「興味がもてた」と回答する学生が増えてきており，学生に対する満足度は十分満たしていると考えられる．この結果は，学生全員が作品を完成させているため，1 つのことをやり遂げたという達成感が反映されているものと推測される．

また，質問 3, 4 より，アクチュエータを動かしたり，CPU を使った回路製作など，メカトロ的要素に対して半数近い学生が関心を持っているが，近年は学生が考えだすアイディアの範囲が狭まり，基本回路をわずかな仕様変更のみで確実に完成できそうな回路しか考えない学生が増えてきている．そのため，このままこの結果を反映させた新たな「回路設計・製作」を導入したとしても，その導入効果が期待できないのではと考えられる．

3　マインドストームを用いたメカトロ制御実験の概要

3.1　実習内容の検討

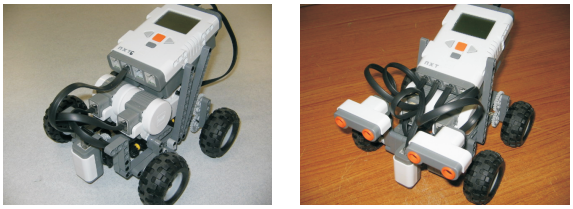
前述の「電子回路設計・製作」にメカトロ的要素を追加することは実習期間や予算等の関係で難しく，また，導入できたとしても近年の学生が考え出すアイディアの範囲が狭まっていることから，十分な導入効果が期待できないと考え，メカトロ的要素を取り込んだ新たな実習テーマを立ち上げることにした．

新たなテーマでは「電子回路設計・製作」で実現できなかったセンサからの入力信号を処理し，アクチュエータを動かすことを反映した内容を設定することにした．ただし，実習科目の 1 つのテーマとして実施することになるので，ハードの設計から組み立てまでを行うことは難しい．そこで，容易にシステムの構築が行えるレゴ・マインドストームを用いることにした．この教材は，小学校から大学まで全国 1000 校以上に導入されているという実績がある [8]．

本学科 2 年生までに，シーケンス制御に関する座学や C 言語によるプログラミングの基礎は学んでいる．しかし，実際にこれらの知識がどのように扱われるのかなどについては体験する機会がない．また，本実習テーマがメカトロ的要素を扱うので，センサやアクチュエータについて同時期に座学で学んでいる本学科 3 年生を対象にした．3 年次に実施することによって，4 年次の「電子回路設計・製作」において，独創的なアイディア創出を期待してである．また，座学で学んだことを本実習で実際に扱うことで，より理解が深まることが期待できると考えた．

3.2　題材の選定と実習内容

この実習では，センサ入力信号に応じてアクチュエータの動作を変えるフィードバック制御システムとして考えることにした．レゴ・マインドストームに付属するセンサの種類やアクチュエータの個数を考慮し，ライントレースロボットを題材にすることにした．この実習で用いた基本ロボットの外観を 図 3(a) に示す．



(a) 基本ロボット　　(b) 改良版ロボット

図 3　LEGO MINDSTORMS を用いたライントレーサ

本学科 3 年生の実験実習の期間が 1 テーマ 3 週と短いため，ライントレースロボットの組み立ては行わず，図 3(a) のロボットをあらかじめ用意した．本学科 3 年生であれば，ある程度のプログラミングの知識はあるものの，マイコン制御用のプログラミングは期待できないので，ビジュアルプログラミング言語である ROBOLAB 2.9 を用いてプログラミングをさせることにした．

実習はレゴ・マインドストームの台数の関係もあり，2〜3 人のグループでの実習とし，まず基本的な使い方を説明し，ライントレース用のプログラミングを行わせることにした．センサで得た情報をどのように処理し，アクチュエータを動かしたらよいかを考えさせることで，「考える力」や「チームワーク」，「問題解決力」が育めるであろうと期待したためである．また，発展課題としてマインドストーム付属の他のセンサを用いてライントレース上に障害物があった場合に，その障害物を回避するシステムを構築することを考えさせることにした．発展課題で制作されたロボットの一例を 図 3(b) に示す．図 3(b) は基本のライントレースロボットに超音波センサを 2 つ取り付けたロボットである．

3.3　実習後のアンケート調査

本テーマの実習後にアンケートを実施した．アンケート項目は以下の 5 項目である．その結果を図 4 に示す．

1. プログラミングとは何なのかわかりましたか？
   (A：理解できた, B：だいたい理解できた, C：あまり

理解できなかった, D：全く理解できなかった)

2. プログラミングは楽しかったですか？
   (A：楽しかった, B：まぁまぁ楽しかった, C：あまり楽しくなかった, D：楽しくなかった)
3. プログラミングをもっと詳しく勉強したいと思いましたか？
   (A：思う, B：思わない)
4. フィードバック制御のイメージはつかめましたか？
   (A：つかめた, B：だいたいつかめた, C：よく分からない, D：全く分からない)
5. フィードバック制御によるライントレースの仕組みはわかりましたか？
   (A：分かった, B：だいたい分かった, C：よく分からない, D：全く分からない)

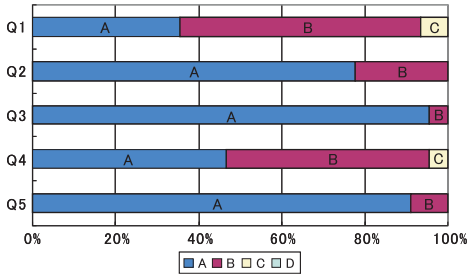


図 4　メカトロニクスの基礎でのアンケート結果

Q1 で A の理解できた (36%) と B のだいたい理解できた (58%) を合わせると，90 % を超える回答が得られていることで，2 年次に受講していた情報処理の重要性が理解できたのではないかと思われる．Q2 で 80% 近い学生がプログラミングは楽しかったと回答しており，ROBOLAB により CGI で制御プログラミングができたことが，C 言語のような手続き型言語と比べ高評価につながったのではないかと推測される．しかし，Q1 で，半数を越える学生が「だいたい理解できた」と回答している点については，ROBOLAB を利用したことにより，本来のプログラミングという意味合いが薄まったためだと考えられる．Q3 ではプログラミングをもっと詳しく勉強してみたいと回答した学生が 90% を超え，プログラミングに対する学習意欲の向上につながっていることが伺える．Q4 では A のつかめた (47%) と B のだいたいつかめた (49%) を合わせると，95% がフィードバック制御というものがどういうものか，シーケンス制御との違いを感じ取ってもらえたのではないかと思う．本学科 4 年生には制御工学の座学が設定されており，その初期導入としては効果があったと考えている．Q5 で 90% の学生がフィードバック制御によるライントレースの仕組みが分かったと回答していることより，本テーマの目的はある程度達成できたといえよう．また，アンケートの自由記述でも好感触な意見が寄せられている．

4　おわりに

平成 15 年度より，ものづくり教育を意識した工学実験を導入し，一定の効果を得てきた．しかし，近年は学生が考えだすアイディアの範囲が狭まり，基本回路をわずかな仕様変更のみで確実に完成できそうな回路しか考えない学生が増えてきていた．そこで，学生に創造的な活動の楽しさを感じてもらい，興味を引き出す工夫として，新たな実験テーマとしてレゴ・マインドストームを用いた「メカトロニクスの基礎」を導入した．次年度の「電子回路設計・製作」において，この実験の導入効果が学生の考えるアイディアに反映してくれることを期待している．

今後は「ハードウェアの役割」と「ソフトウェアの役割」をより意識させるような実験・実習の導入を検討し，システム設計能力や応用力の育成も視野に入れた「ものづくり教育」を行っていく予定である．

参考文献

1) 文部科学省，”中学校学習指導要領 新旧対照表”，2008
2) 川谷亮治，”自立移動型ロボットを対象としたメカトロ教育”，SI2007，pp.175-176, 2007
3) 佐藤拓史，明田川正人，木村哲也，平田研二，柳和久，磯部浩己，滑川徹，舩木陸議，田村淳一，”競技用ロボットの設計製作を通したメカトロ教育”，ROBOMEC2008，2A1-I12, 2008
4) 二井見博文, 小池稔, 竹内誠一, 堂原教義, ”小型ヒューマノイド SANSYRO– による工学導入教育”，ROBOMEC2008，2A1-I22, 2008
5) 佐藤拓史，梅田幹雄，佐藤秀一，永井睦，高橋章，碓氷誠，小柳久也，”「もの作り」を意識した工学実験実習の導入”，論文集「高専教育」，pp.35-40, 2005
6) 湯山俊夫，”ディジタル回路の設計・製作 製作の基本からホビー・実用回路の設計まで”，CQ 出版社，1994
7) 加藤肇，見城尚志，高橋久，”図解・わかる電子回路 基礎から DOS/V 活用まで”，講談社，1997
8) http://www.legoeducation.jp/mindstorms/